

Εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην ιατρική

**Θεοακός Σπυρίδων –Συμεών
(AM 9037)**

**Βαπορίδης Γεώργιος
(AM 9018)**

Η εξόρυξη γνώσης από δεδομένα (**Data mining**) ή άλλως, η ανακάλυψη γνώσης σε βάσεις δεδομένων (**Knowledge Discovery in Databases- KDD**) περιλαμβάνει:

- Ανακάλυψη –συγκομιδή πληροφοριών
- Εξερευνητική ανάλυση δεδομένων
- Μη επιβλεπόμενη αναγνώριση προτύπου

Data mining σημαίνει τη χρήση αλγορίθμων, για την εξαγωγή πληροφοριών και προτύπων, που παράγονται με τη διαδικασία **KDD** (Knowledge Discovery in Databases–KDD)

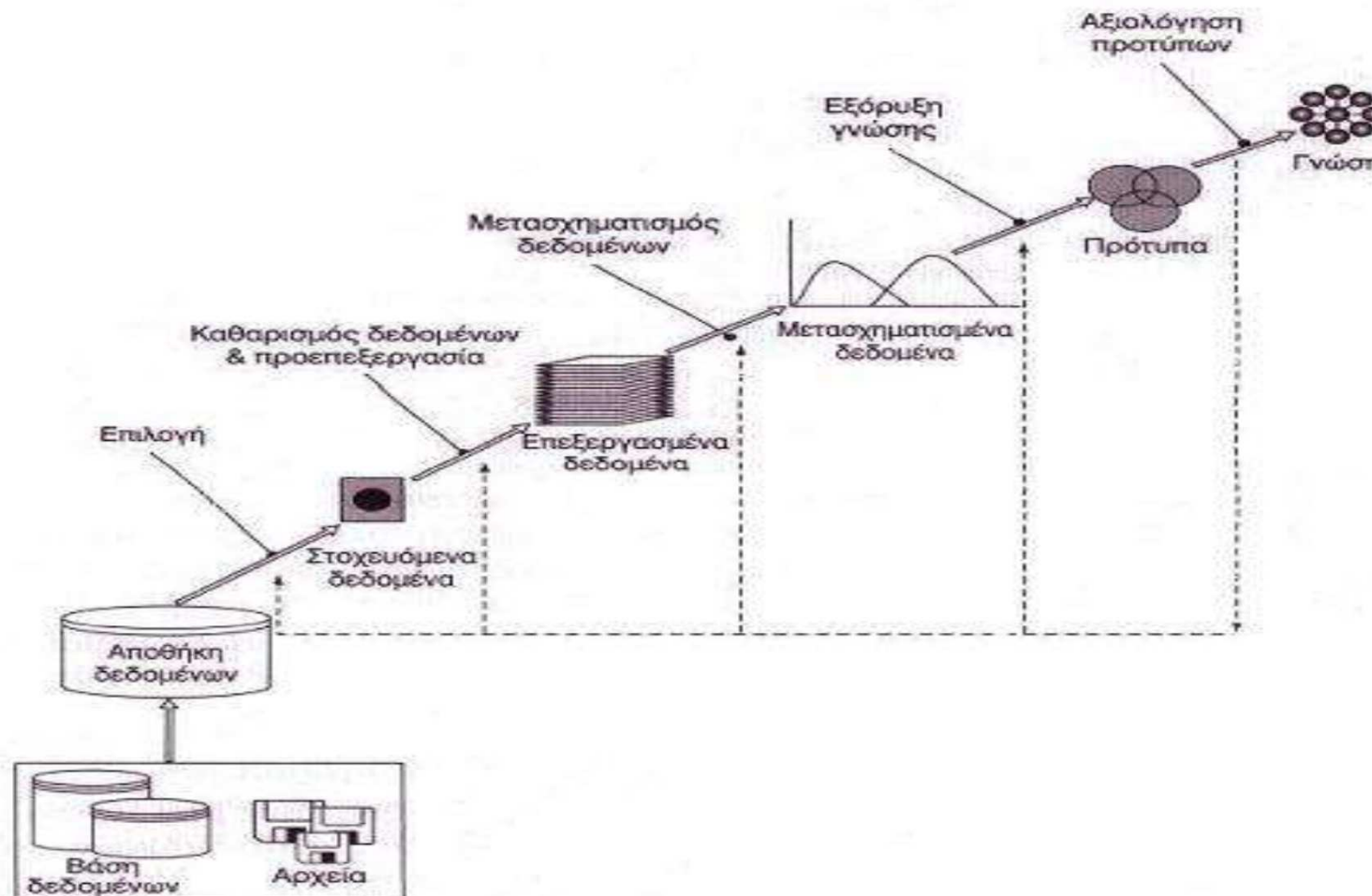
KDD σημαίνει ανακάλυψη γνώσης σε βάσεις δεδομένων. Είναι η ντετερμινιστική διαδικασία αναγνώρισης εγκύρων, καινοτόμων, ενδεχομένως χρήσιμων και εν τέλει κατανοητών προτύπων, στα δεδομένα.

Διαδικασία ανακάλυψης γνώσης από βάσεις δεδομένων –KDD

Αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια:

- Ανάπτυξη και κατανόηση της περιοχής εφαρμογής και των στόχων του τελικού χρήστη
- Επιλογή δεδομένων από πολλαπλές πηγές
- Καθαρισμός δεδομένων (Data cleaning)
- Ενοποίηση δεδομένων (Data integration)
- Μετασχηματισμός δεδομένων (Data transformation)
- Μείωση δεδομένων (Data reduction)

Η βασική ροή των βημάτων της διαδικασίας ανακάλυψης γνώσης, από βάσεις δεδομένων KDD



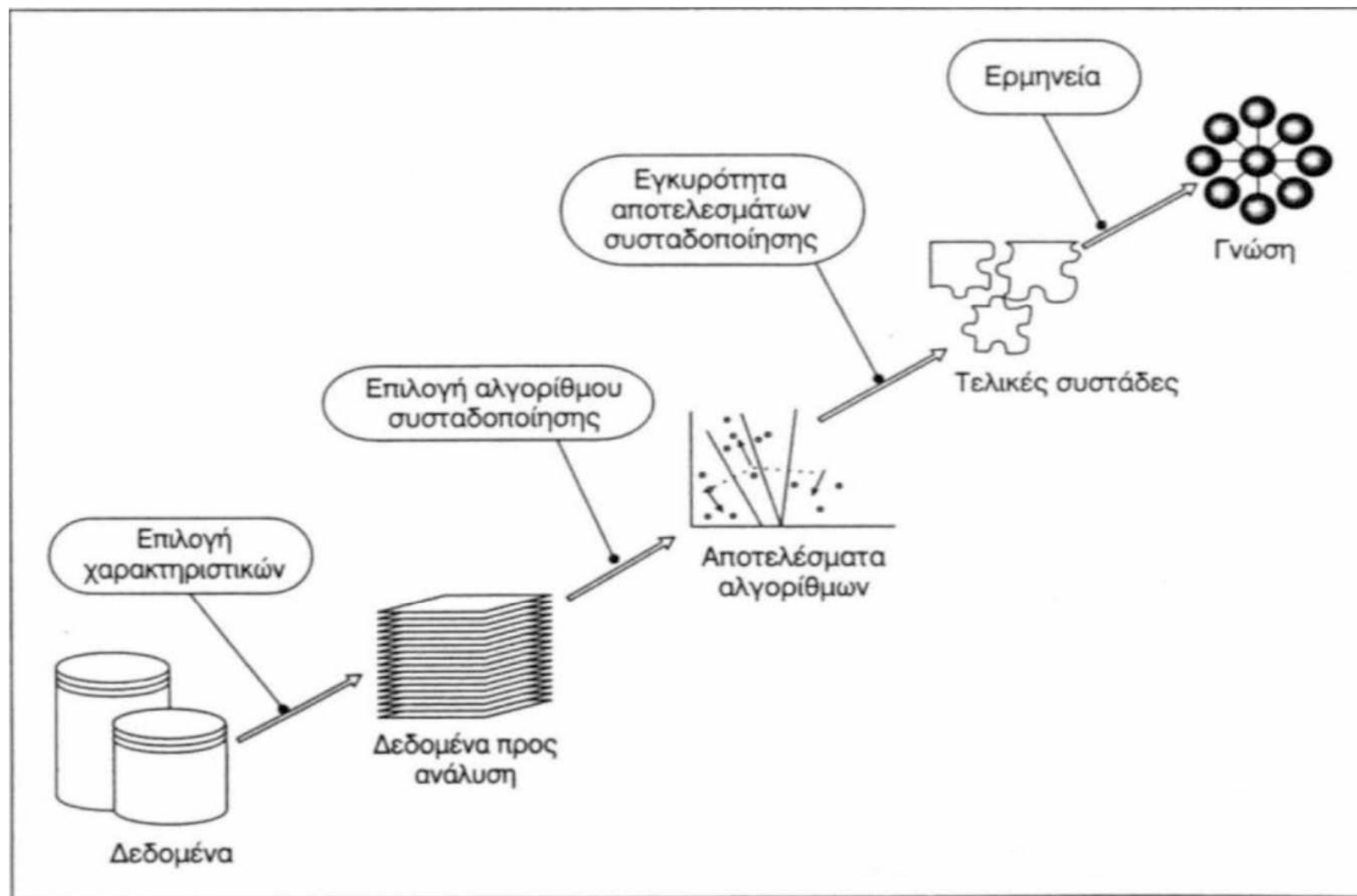
Οι «ρίζες» της εξόρυξης δεδομένων



Βασικές εργασίες εξόρυξης γνώσης από δεδομένα

- Κατηγοριοποίηση (Classification)
- Παλινδρόμηση (Regression)
- Ανάλυση χρονοσειρών (Time series analysis)
- Πρόβλεψη (Prediction)
- Συσταδοποίηση (Clustering)
- Παρουσίαση συνόψεων (Summarization)
- Κανόνες συσχέτισης (Association rules)
- Ανακάλυψη ακολουθιών (Sequence discovery)

Βήματα διαδικασίας συσταδοποίησης



Κατηγορίες των μεθόδων εξόρυξης δεδομένων γνώσης

Πρόβλεψη

Έχει ως στόχο την εκτίμηση της συμπεριφοράς κάποιων μεταβλητών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και βασίζονται—επηρεάζονται από τη συμπεριφορά άλλων μεταβλητών.

Ένα προβλεπτικό μοντέλο (predictive model), χρησιμοποιώντας γνωστά αποτελέσματα, που έχει βρει από άλλα δεδομένα, επιχειρεί πρόβλεψη για τιμές άλλων δεδομένων.

Περιγραφή

Αναπαριστά τα δεδομένα μίας πολύπλοκης βάσης δεδομένων με κατανοητό και αξιοποιήσιμο στόχο.

Εις ότι αφορά την εξόρυξη γνώσης, η περιγραφή τείνει να είναι σημαντικότερη από την πρόβλεψη.

Αντιθέτως, εις ότι αφορά την αναγνώριση προτύπων και την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης, η πρόβλεψη είναι σημαντικότερη.

Μοντέλα εξόρυξης δεδομένων

Προβλεπτικά μοντέλα	Περιγραφικά μοντέλα
• Κατηγοριοποίηση (Classification)	• Συσταδοποίηση (Clustering)
• Παλινδρόμηση (Regression)	• Παρουσίαση συνόψεων (Summarization)
• Ανάλυση χρονοσειρών (Time series analysis)	• Κανόνες συσχέτισης (Association rules)
• Πρόβλεψη (Prediction)	• Ανακάλυψη ακολουθιών (Sequence discovery)

Απαιτήσεις εξόρυξης δεδομένων

- Χειρισμός των διαφορετικών τύπων δεδομένων.
- Απόδοση και εξελισσιμότητα των αλγορίθμων εξόρυξης δεδομένων.
- Χρησιμότητα, βεβαιότητα και εκφραστικότητα των αποτελεσμάτων της εξόρυξης δεδομένων.
- Διαλογική ανακάλυψη γνώσης στα πολυεννοιολογικά επίπεδα.
- Εξόρυξη γνώσης από διαφορετικές πηγές δεδομένων.

Παράγοντες που σχετίζονται άμεσα με την υλοποίηση της εξόρυξης γνώσης από δεδομένα

- Ανθρώπινη αλληλεπίδραση
- Υπερπροσαρμογή (over-fitting)
- Ακραίες τιμές (outliers)
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων
- Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων
- Μεγάλα σύνολα δεδομένων
- Υψηλές διαστάσεις
- Ελλιπή δεδομένα
- Δεδομένα με θόρυβο
- Δεδομένα πολυμέσων
- Άσχετα δεδομένα
- Δεδομένα που αλλάζουν

Εξόρυξη γνώσης από τη σκοπιά των βάσεων δεδομένων

Περιλαμβάνει εξέταση όλων των ειδών των εφαρμογών και τεχνικών εξόρυξης γνώσης από δεδομένα, με ιδιαίτερη έμφαση στα παρακάτω θέματα:

- Κλιμάκωση
- Πραγματικά δεδομένα
- Ενημέρωση
- Ευχρηστία

Κατηγοριοποίηση (Classification)

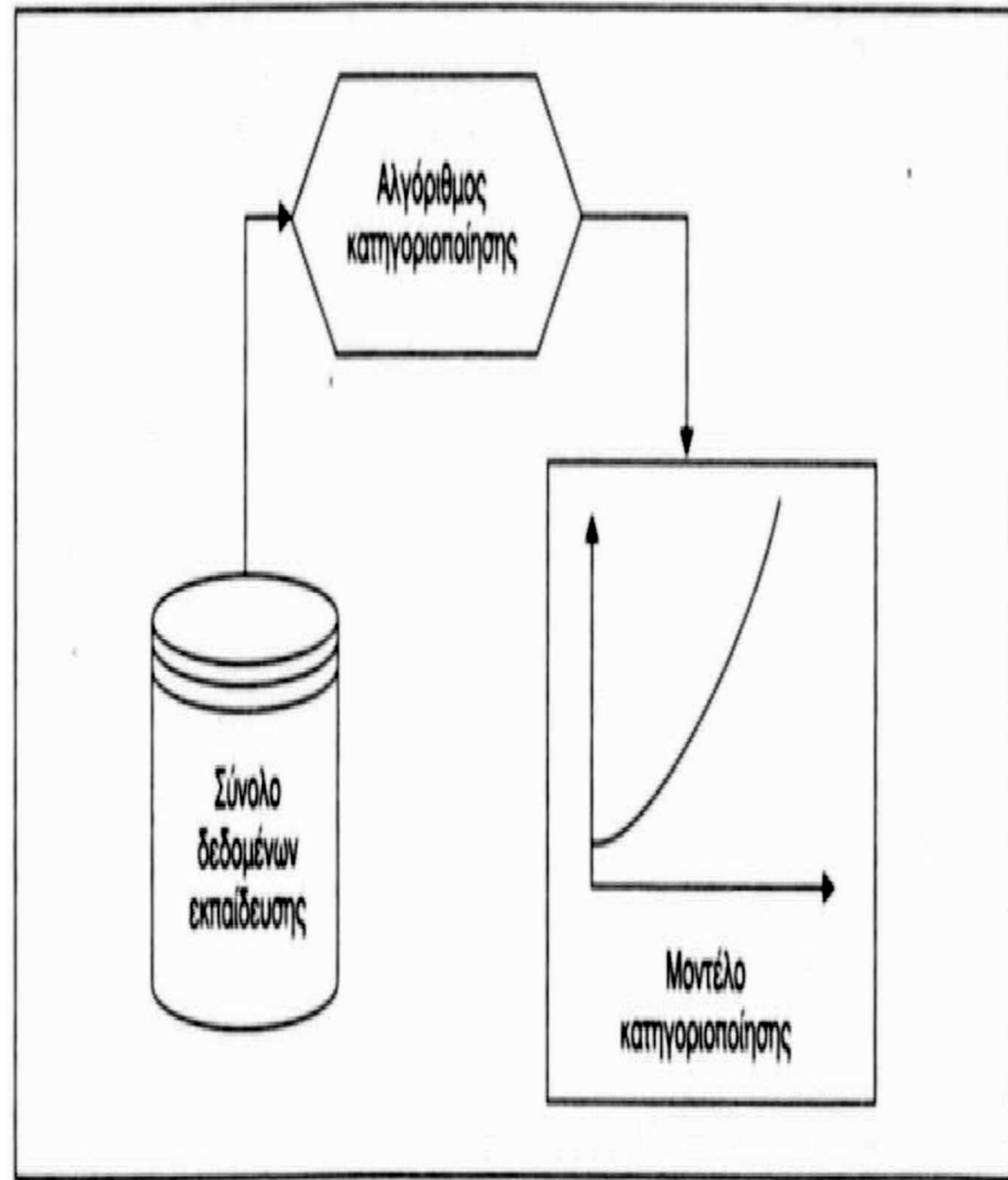
Χαρακτηρίζεται ως μία από τις βασικές τεχνικές εξόρυξης γνώσης και αποσκοπεί στην ανάθεση ενός στοιχείου σε ένα προκαθορισμένο σύνολο κατηγοριών (classes).

Εφαρμόζεται στην ιατρική διάγνωση, στην έγκριση δανείων, στην ανίχνευση σφαλμάτων σε βιομηχανικές εφαρμογές και στην κατηγοριοποίηση τάσεων στην οικονομία.

1^ο βήμα διαδικασίας
κατηγοριοποίησης
δεδομένων

Εκμάθηση (learning)

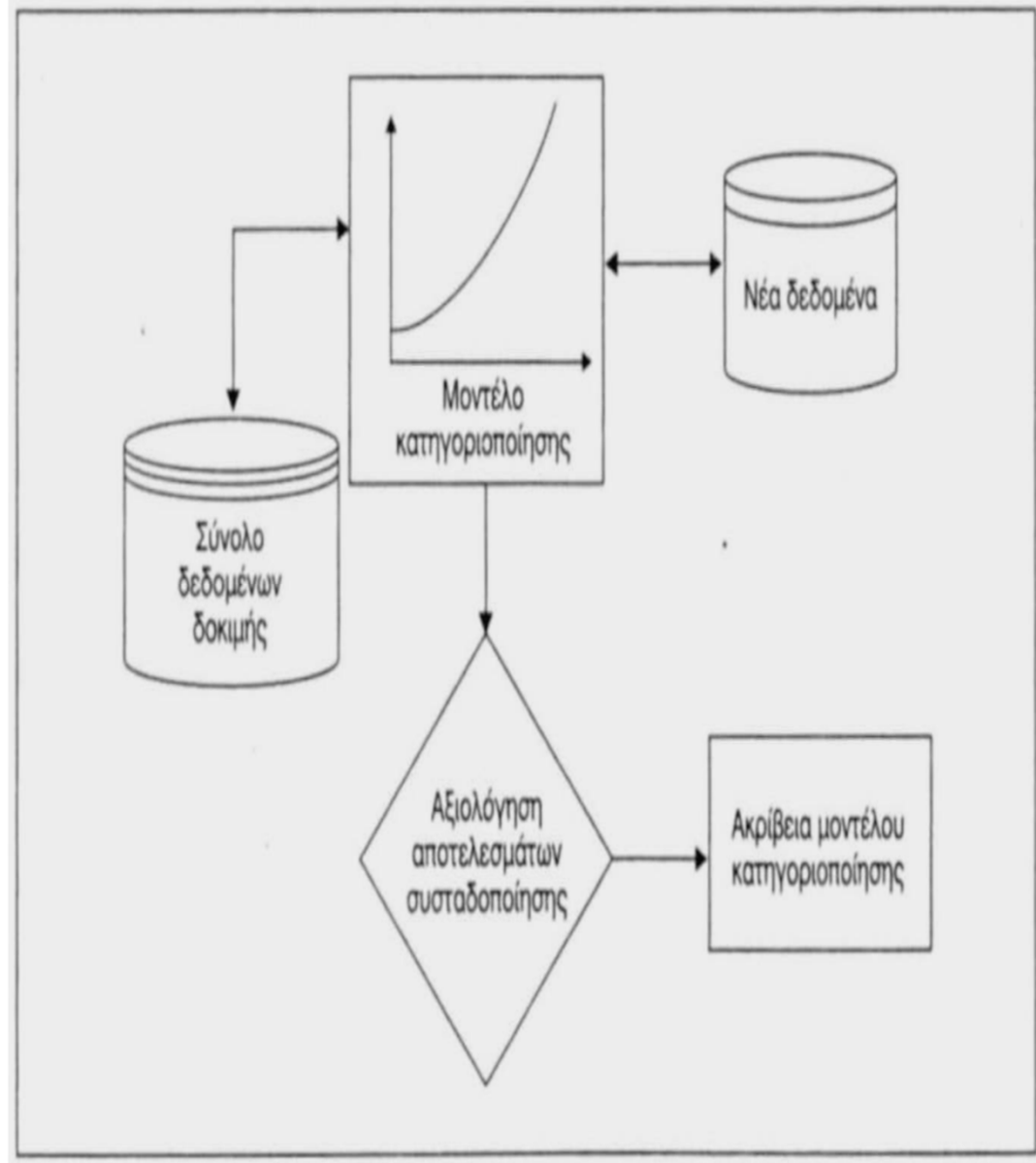
Ένας αλγόριθμος, αναλύει τα (training data) δεδομένα εκπαίδευσης, προκειμένου να κατασκευάσουν εν συνεχεία το μοντέλο (model) το οποίο είναι γνωστό ως κατηγοριοποιητής (classifier).



2^ο βήμα διαδικασίας
κατηγοριοποίησης
δεδομένων

Κατηγοριοποίηση (Classification)

Γίνεται χρήση δοκιμαστικών μοντέλων (test data) προκειμένου να υπολογισθεί η ακρίβεια (accuracy) του μοντέλου, η οποία ορίζεται ως το ποσοστό των δειγμάτων δοκιμής (training samples) που κατηγοριοποιήθηκαν σωστά, από το υπό εκπαίδευση μοντέλο, σε ένα καθορισμένο σύνολο δοκιμών επαφής.



Αλγόριθμοι βασισμένοι στη στατιστική

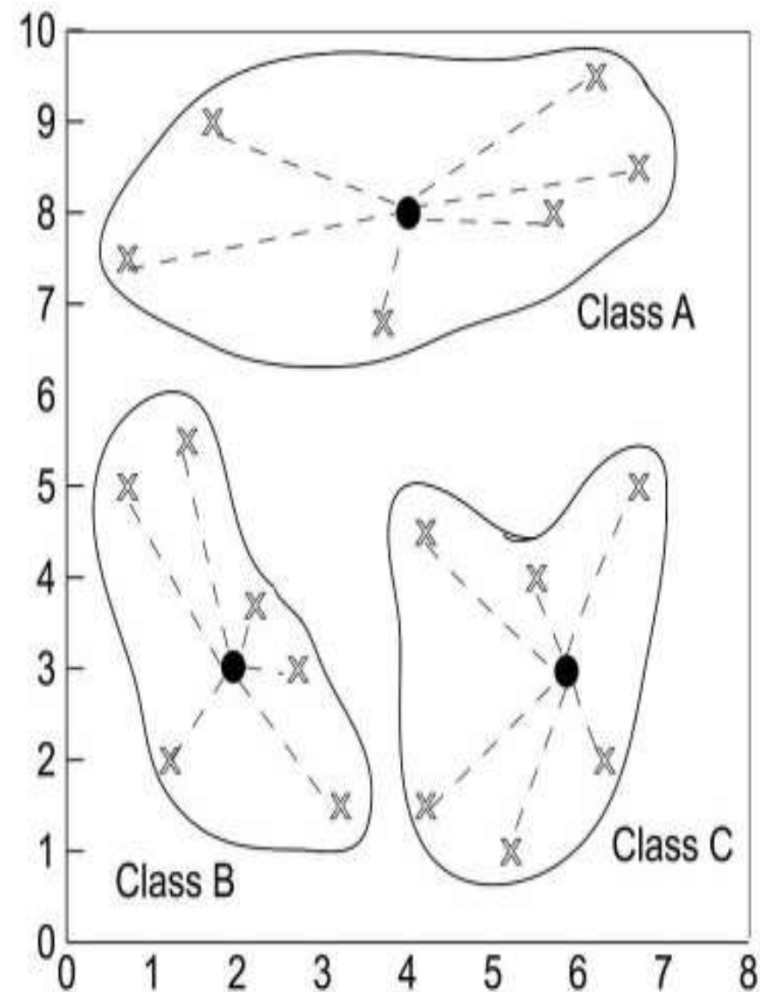
Στην παλινδρόμηση (regression) γίνεται προσπάθεια εκτίμησης μίας τιμής εξόδου, με βάση μία τιμή εισόδου.

Η παλινδρόμηση, προκειμένου να εκτελέσει την κατηγοριοποίηση χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, τη **διαίρεση** και την **πρόβλεψη**.

Η Bayesian κατηγοριοποίηση βασίζεται στον κανόνα Bayes για την υπό συνθήκη πιθανότητα, στον οποίο αναφέρεται ότι η μεροληψία (bias) μίας εκτιμήτριας είναι η διαφορά μεταξύ της αναμενόμενης τιμής της εκτιμήτριας και της πραγματικής τιμής.

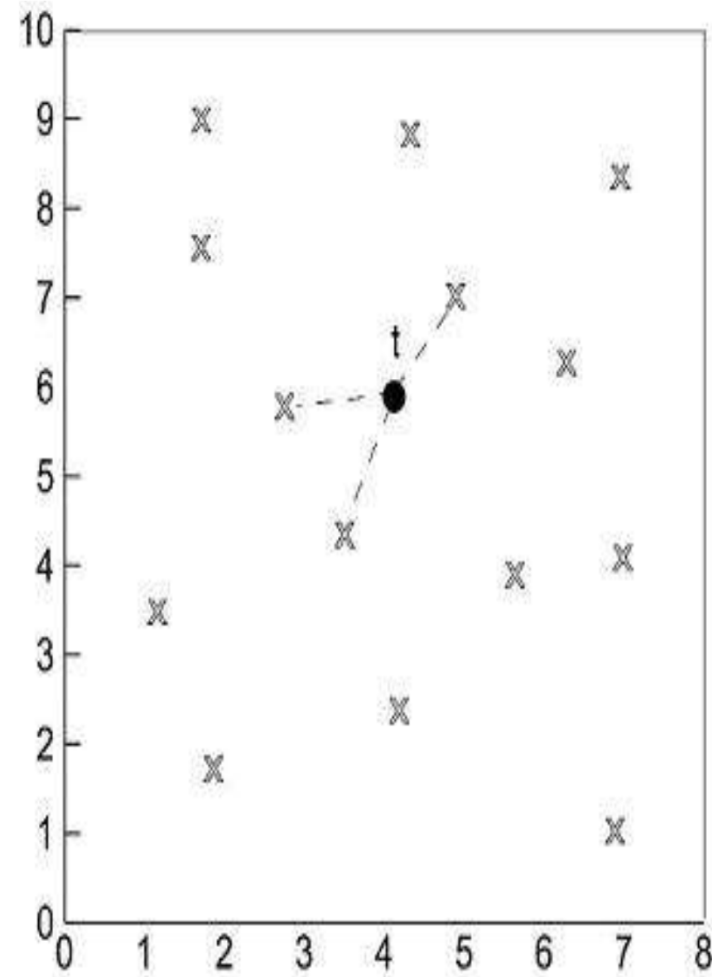
Αλγόριθμοι βασισμένοι στην απόσταση

Απλής προσέγγισης που παρουσιάζει μία απλή προσέγγιση βασισμένη στην απόσταση, λαμβανομένου υπόψη ότι κάθε κατηγορία αναπαρίσταται από το κέντρο της ή από το κέντρο βάρους της.



Αλγόριθμοι βασισμένοι στην απόσταση

K πλησιέστερος
γείτονας (K Nearest
Neighbors–KNN) που
στηρίζεται στη χρήση
μέτρων βασισμένων στην
απόσταση διότι όταν
πρόκειται να
κατηγοριοποιηθεί ένα
καινούργιο στοιχείο, πρέπει
να καθορισθεί η απόσταση
του από κάθε στοιχείο του
συνόλου εκπαίδευσης.



Αλγόριθμοι βασισμένοι σε νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks–NN)

Τα NN αποτελούνται από «νευρώνες» με βάση τη νευρωνική δομή του εγκεφάλου.

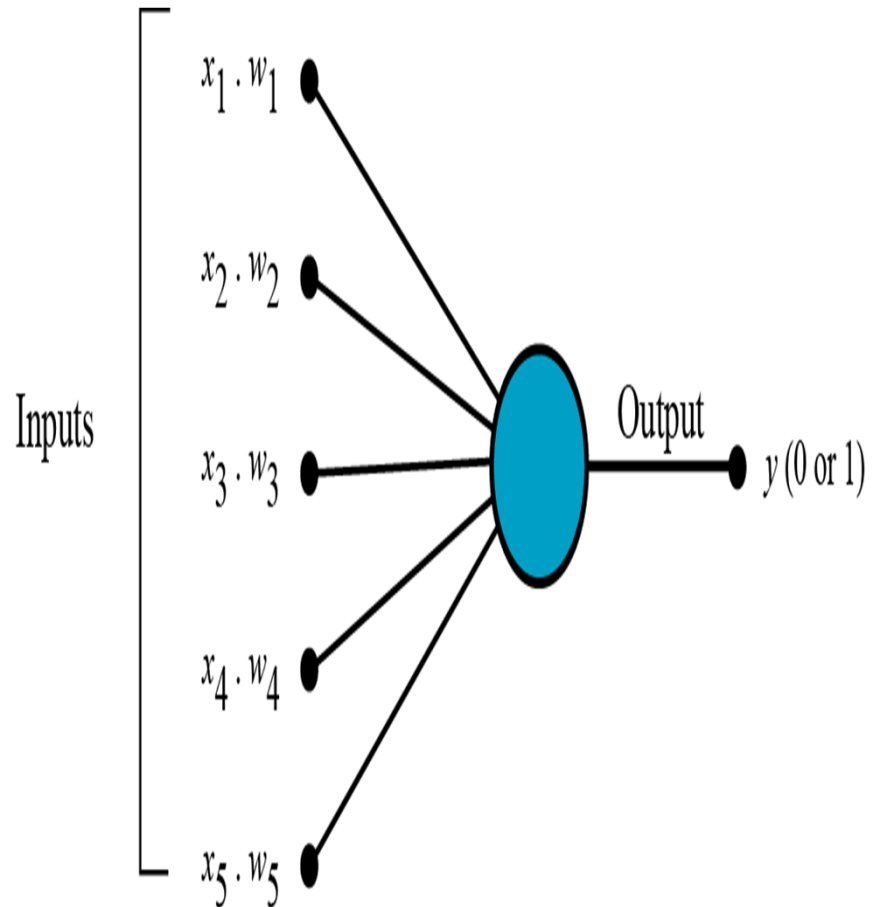
Επεξεργάζονται τα στοιχεία, ένα κάθε φορά και «μαθαίνουν» συγκρίνοντας, την κατηγοριοποίηση τους για μία εγγραφή, με τη γνωστή πραγματική κατηγοριοποίηση της εγγραφής.

Τα λάθη επανατροφοδοτούνται στο δίκτυο και χρησιμοποιούνται για τροποποίηση του αλγορίθμου, τη δεύτερη φορά, σε μία διαδικασία που συνεχίζεται επαναληπτικά.

Νευρωνικά δίκτυα perceptron

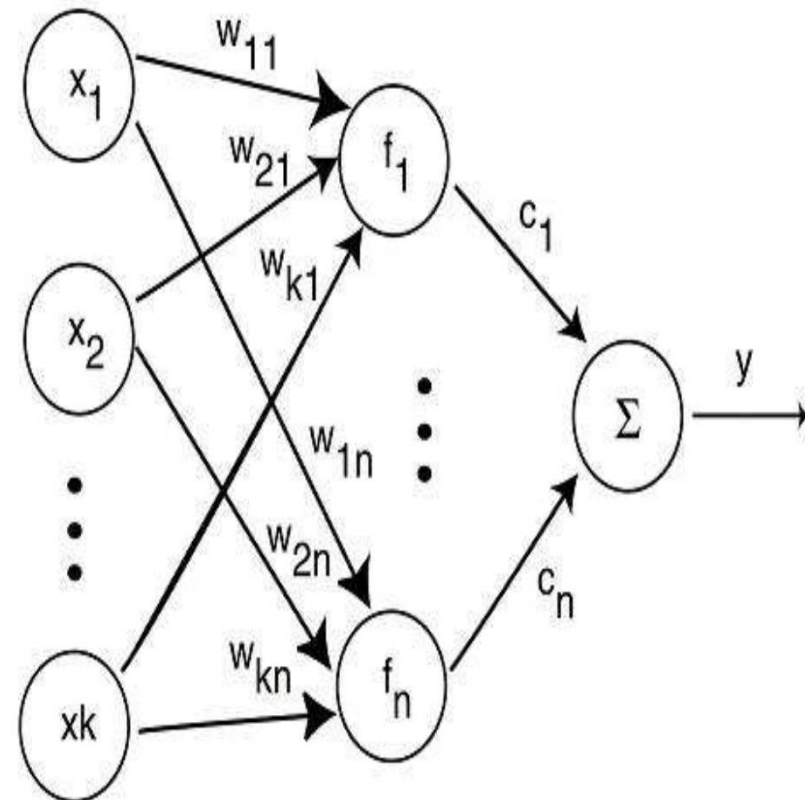
Το απλούστερο NN και χρησιμοποιούνται για κατηγοριοποίηση σε δύο κατηγορίες.

Ένας perceptron είναι ένας νευρώνας με πολλαπλές εισόδους και μία έξοδο.



Δίκτυα συνάρτησης ακτινικής βάσης (Radial basis function -RBF)

Συνήθως έχουν ένα NN με τρία στρώματα. Έχουν το σχήμα της συνάρτησης Gauss.



Συσταδοποίηση (clustering)

Είναι μία από τις πλέον χρήσιμες διεργασίες της διαδικασίας εξόρυξης γνώσης για την ανακάλυψη συστάδων και τον προσδιορισμό κατανομών ή προτύπων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τα υπό μελέτη δεδομένα.

Εφαρμόζεται:

- στη μη εποπτευόμενη μάθηση (unsupervised learning)
- στην αναγνώριση προτύπων
- στην αριθμητική ταξινόμια (numerical taxonomy)
- στη βιολογία
- στην οικολογία
- στις κοινωνικές επιστήμες και
- στη θεωρία γράφων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αλγορίθμου K-means.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απλός	Δε δουλεύει με μη αριθμητικά δεδομένα
Κατανοητός	Μη ντετερμινιστικός
Ταχύτητα σύγκλισης	Πρέπει να ορισθεί ο αριθμός των clusters
Τα αντικείμενα ανατίθεται αυτόματα σε κάποιο cluster	Όλα τα αντικείμενα πρέπει υποχρεωτικά να ανήκουν σε κάποιο cluster

Μηχανική μάθηση (Machine learning)

- Αποτελεί πεδίο της πληροφορικής.
- Ανήκει στο χώρο της τεχνητής νοημοσύνης.
- Ορισμός «**Το πεδίο μελέτης που δίνει στους υπολογιστές την ικανότητα να μαθαίνουν χωρίς να έχουν προγραμματιστεί για αυτό**».
- Ορισμός «Ένα πρόγραμμα υπολογιστή μαθαίνει από την εμπειρία **E**, σε σχέση με μία κατηγορία εργασιών **T** και με μία μετρική απόδοση **P**, αν η απόδοση του σε εργασίες της **T**, όπως μετρούνται από την **P**, βελτιώνονται με την **E**».

Παραδείγματα χρήσης της μηχανικής μάθησης σήμερα

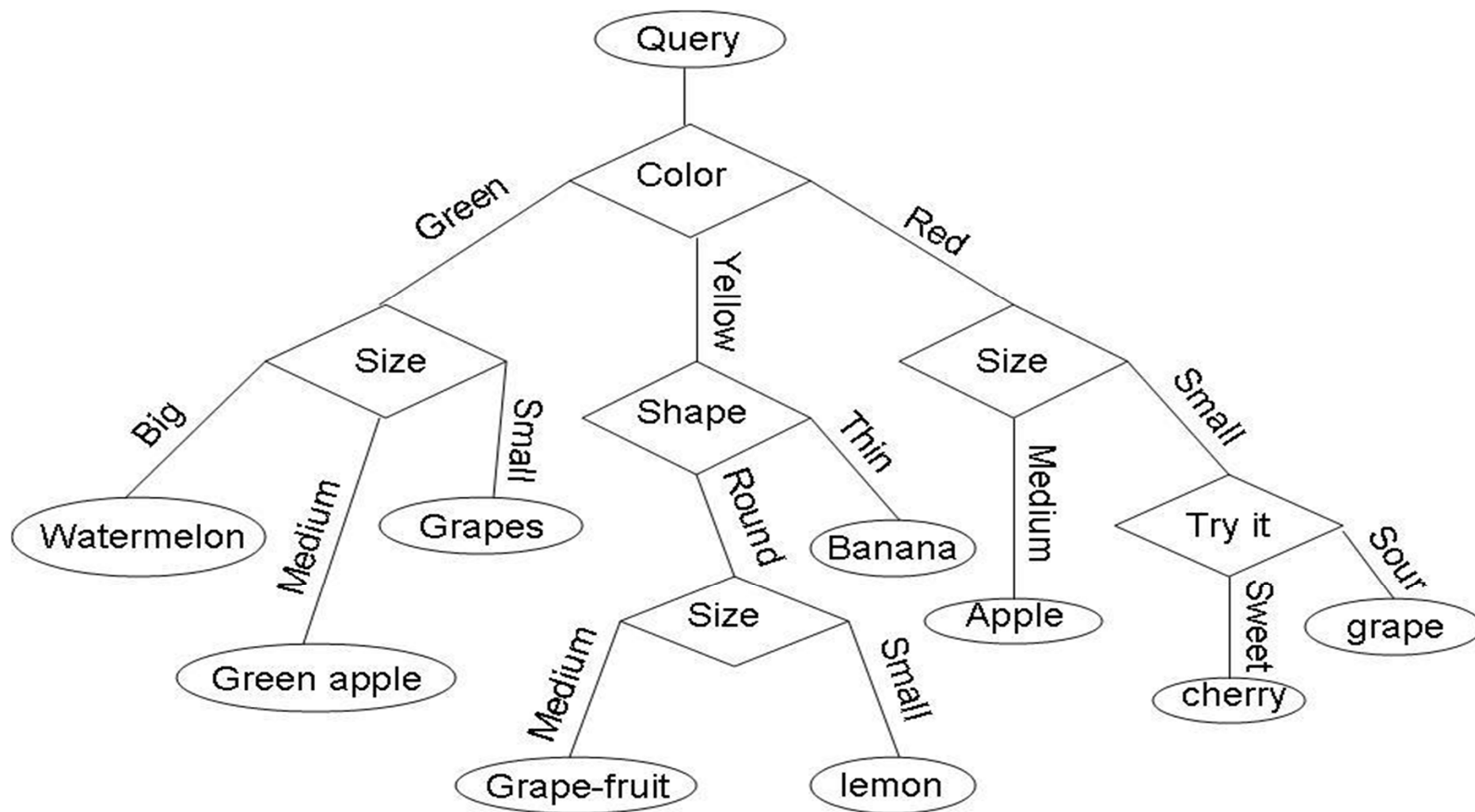
- Φίλτρα spam.
- Μηχανές αναζήτησης.
- Οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (OCR).
- Επεξεργασία εικόνας (computer vision).
- Επεξεργασία κειμένου (Natural language processing).

Αλγόριθμοι

Στη μηχανική μάθηση, ανάλογα με το πρόβλημα και την τεχνική, χρησιμοποιούνται:

- Δέντρα αποφάσεων.
- Τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.
- Λογιστική παλινδρόμηση.
- Πλησιέστερος γείτονας.
- Naïve Bayes.
- Support Vector Machines.

Δέντρο απόφασης (Decision tree).



1^ο Παράδειγμα χρήσης της μηχανικής μάθησης στην ιατρική.

- Έρευνα, σε 100 ασθενείς, με αλγορίθμους για **διάγνωση άσθματος** με expert systems (Prasad et al, 2011).
- Αλγόριθμοι **ID3**, **C4.5**, **BN** (Bayesian Networks), **AMNN** (Auto-associative memory neutral networks).
- Τα ευρήματα έδειξαν ότι τα νευρωνικά δίκτυα αποδίδουν καλύτερα από τις υπόλοιπες μεθόδους.

2^ο Παράδειγμα χρήσης της μηχανικής μάθησης στην ιατρική.

- Έρευνα σε **1.226 παιδιά** για εμφάνιση άσθματος, 5 έτη μετά από ιατρική επίσκεψη για βήχα ή σφύριγμα (Pescatore et al, 2014).
- Μέθοδος πρόβλεψης **logistic regression**.
- AUC score του εργαλείου=0,74.

3^ο Παράδειγμα χρήσης της μηχανικής μάθησης στην ιατρική.

- Έρευνα σε **161** παιδιά από **5** νοσοκομεία με ομαδοποίηση (clustering) **12** μεταβλητών (διάρκεια άσθματος, αριθμός φαρμάκων, κατώφλι πνευμονικής λειτουργίας) για το πρόγραμμα **SARP** (Severe Asthma Research Program).
- Μέθοδος ομαδοποίησης: **agglomerative hierarchical clustering**. Κάθε παρατήρηση ξεκινά σε δικό της cluster και σταδιακά ζευγάρια από clusters συγχωνεύονται όσο ανεβαίνομε στην ιεραρχία.
- Τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης έδειξαν 4 clusters.

4^ο Παράδειγμα χρήσης της μηχανικής μάθησης στην ιατρική.

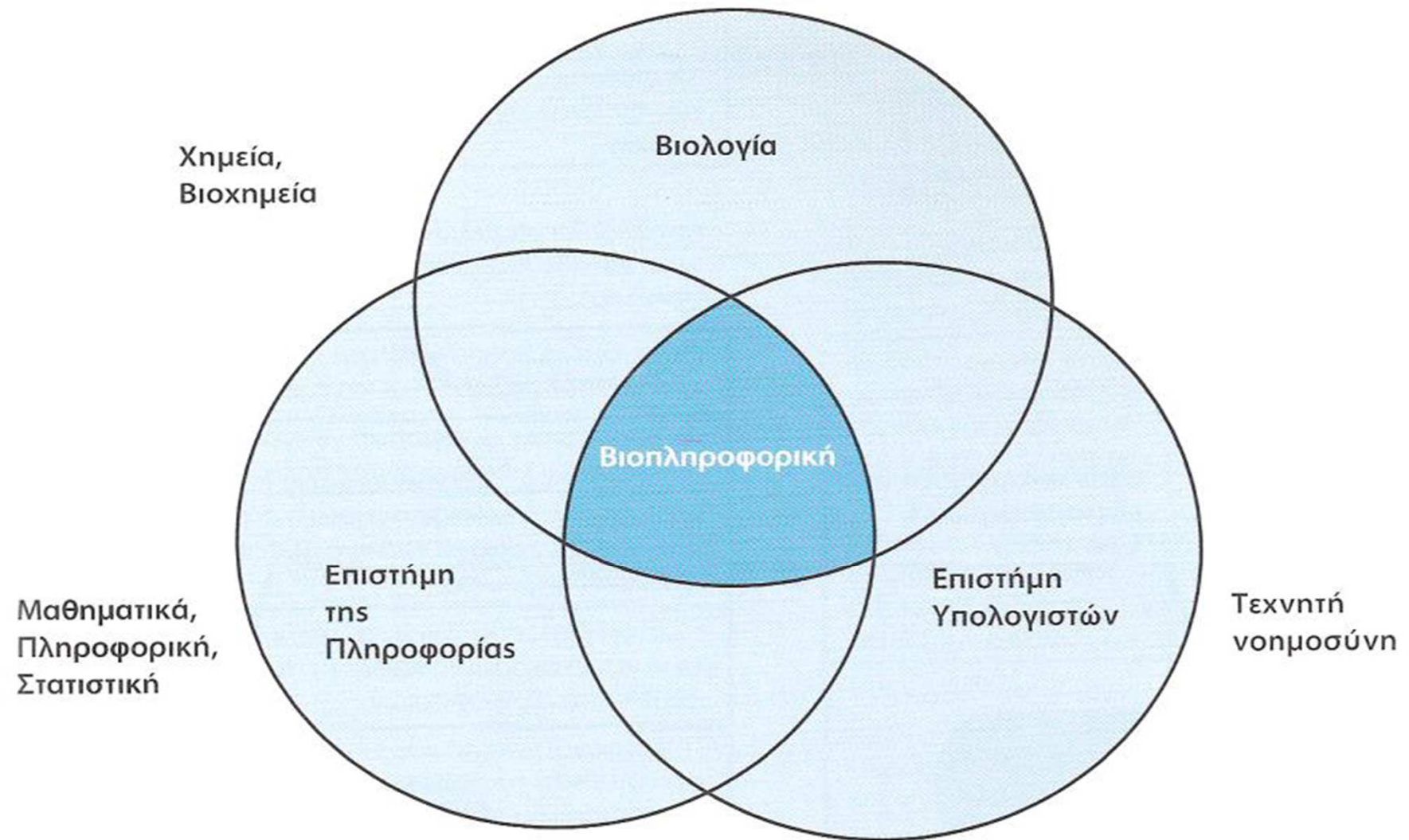
- Σύγκριση γραμμικών και μη γραμμικών μεθόδων μηχανικής μάθησης για πρόβλεψη άσθματος & εκζέματος σε **554** ενηλίκους (Prosperi et al, 2014).
- Τα μη γραμμικά μοντέλα εμφανίζουν καλύτερη ευαισθησία (από άλλες μεθόδους) για το άσθμα και το σφύριγμα και λιγότερο για το έκζεμα.
- Αλγόριθμος με την καλύτερη απόδοση: **Random forest**.

5^ο Παράδειγμα χρήσης της μηχανικής μάθησης στην ιατρική

19.450 παιδιά (0-18 ετών), σε **12** ιατρικά κέντρα, επί **1** έτος, με κοινωνιολογικές προεκτάσεις (καταγωγή, τύπο ασφάλισης), έδειξε αύξηση συνταγογραφήσεων:

Περιοχές	Ήπια περιστατικά	Σπυρομέτρηση
Αστικές	+ 6%	+ 3%
Προάστιες	+14%	+ 6%

Βιοπληροφορική



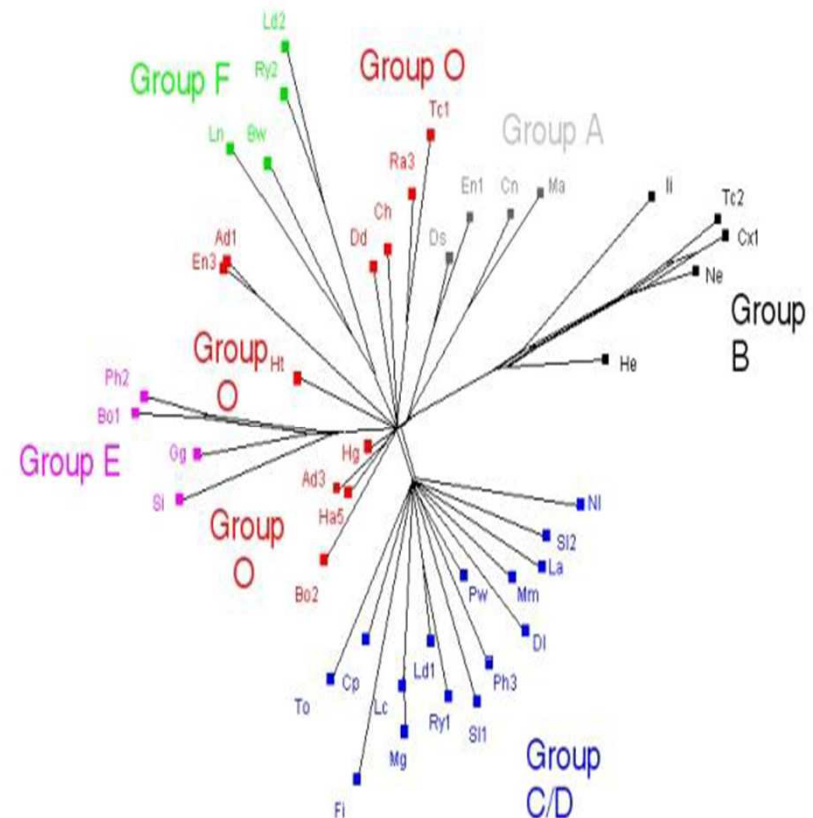
Πρωτεϊνική ανάλυση

Μέρος μελέτης της βιοπληροφορικής είναι:

- Η πρόγνωση της πρωτεϊνικής δομής
- Η οπτικοποίηση της πρωτεϊνικής δομής
- Η πρόβλεψη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των πρωτεϊνών

Φυλογενετική ανάλυση.

- Μελετά την εξέλιξη της συγγένειας ανάμεσα σε ομάδες οργανισμών.
- Γίνεται χρήση δενδρογραμμάτων.
- Με χρήση υπολογιστών μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί ο ρυθμός εξέλιξης των γονιδίων και οι αλλαγές στο DNA.



Μοριακή μοντελοποίηση

Χρησιμοποιείται για τη δισδιάστατη (2D) και την τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση μορίων (μεμονωμένων ή μακρομορίων όπως το DNA) για μελέτη της δομής και των ιδιοτήτων τους.

Η διπλή έλικα του DNA.



Βιολογικές βάσεις δεδομένων (συλλογές στοιχείων με ίδια χαρακτηριστικά, που είναι αποθηκευμένα σε υπολογιστικά συστήματα).

- **NCBI GenBank** (U.S. National Institute of Health).
- **EMBL-Bank** (European Molecular Biology Laboratory).
- **DDBJ** (DNA Data Bank of Japan).
- **Swiss Prot** (Swiss Bioinformatics Institute).
- **PIR-PSD** (Protein Information Resource- Protein Sequence Database).
- **TR-EMBL** (Tradional of EMBL).
- **GOLD** (Genome On Line Database).
- **NCBI** (National Center of Biotechnology Information).

Εργαλεία βιοπληροφορικής.

- Ο αλγόριθμος **BLAST** (Basic Local Alignment Search Tool). Συγκρίνει μία πρωτεϊνική ή νουκλεοτιδική αλληλουχία, με κάθε αλληλουχία της βάσης δεδομένων.
- Ο αλγόριθμος **FASTA**. Ομοίως, αλλά με πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Το **Clustal** (με μορφές **W** που περιέχει μία διεπαφή γραμμής εντολών ή **X** που διαθέτει γραφικό περιβάλλον) είναι εργαλείο πολλαπλής στοίχισης βιολογικών ακολουθιών (πάνω από 100).

Ιατρικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης (TN)

- Οι πρώτες εφαρμογές TN στην ιατρική εστίαζαν στη δημιουργία διαγνωστικών εργαλείων ικανών να προσφέρουν διαγνώσεις καλύτερες από αυτές ενός ειδικού.
- Προϊόντος του χρόνου, δημιουργήθηκε ένας νέος τομέας, η «**Τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική (Artificial intelligence in medicine –AIM)**». Χρησιμοποιείται λιγότερο στις διαγνώσεις ρουτίνας και περισσότερο στη συνταγογράφηση φαρμάκων, σε κλινικά εργαστήρια, στην κλινική παρακολούθηση και στις μονάδες εντατικής θεραπείας.
- Τα σύγχρονα συστήματα, χρήσης συμβολικών μοντέλων προσέγγισης των ασθενειών όσο και στατιστικών μεθόδων, περιγράφονται ως **κλινικά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (Clinical decision support systems - CDSSs)**.

Στην ιατρική, η TN εφαρμόζεται σε συστήματα που:

- έχοντας το ιστορικό του ασθενούς, ειδοποιούν τον ιατρό αν ανιχνευθούν κάποια μοτίβα σε κλινικά δεδομένα που υποδεικνύουν αλλαγή στην κατάσταση του ασθενούς (π.χ. εμφάνιση αντενδείξεων) σε μία θεραπεία,
- αναλύουν και διαχειρίζονται μεγάλο όγκο δεδομένων και γνώσεων, βοηθούν τους εργαζομένους στον τομέα της υγείας, κάνοντας χρήση των βάσεων δεδομένων που έχουν και των σημάτων που σε πραγματικό χρόνο λαμβάνουν, προτείνοντας διασυνδέσεις μεταξύ μοτίβων που έως τότε θεωρούνταν ασυσχέτιστα.

Το **DXplain** βοηθά στη διαδικασία διάγνωσης, λαμβάνοντας **ως είσοδο** ένα σύνολο κλινικών ευρημάτων (όπως συμπτώματα και εργαστηριακά δεδομένα) και προσφέροντας **ως έξοδο** μία ιεραρχημένη λίστα πιθανών διαγνώσεων, μαζί με αιτιολόγηση για κάθε διαφορετική διάγνωση.

Με χρήση αναγνώρισης απλών εικόνων (**ακτινογραφίες**) ή περίπλοκων εικόνων (**αγγειογραφίες, αξονικές και μαγνητικές τομογραφίες**) και την ερμηνεία τους από ένα σύστημα, μπορούν να σηματοδοτηθούν οι εικόνες, που πιθανώς αποκλίνουν από το φυσιολογικό, προκειμένου να γίνει παραπομπή σε ειδικό για περαιτέρω εξέταση.

Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, χρησιμοποιούνται στις μονάδες βραχείας νοσηλείας για την αυτόματη λειτουργία των ιατρικών συσκευών.

Το **SmartCare/PS** είναι σύστημα βασισμένο σε κανόνες για διαχείριση μηχανικής υποστήριξης αναπνοής, στις μονάδες εντατικής θεραπείας.

Στα κλινικά εργαστήρια, τα έμπειρα συστήματα αναλύουν αναφορές από δεδομένα που λαμβάνουν, τα ερμηνεύουν και εξάγουν συμπεράσματα.

Το **Germ Watcher** ελέγχει για νοσοκομειακές λοιμώξεις, παρακολουθώντας δεδομένα μικροβιολογικών καλλιεργειών (από το εργαστηριακό σύστημα του νοσοκομείου) και ελέγχοντας μία βάση κανόνων (που περιέχει συνδυασμό εθνικών κριτηρίων και μολύνσεων του συγκεκριμένου νοσοκομείου).

Στον τομέα της
ιατρικής έρευνας, με
χρήση συστημάτων TN
είναι δυνατό να
σχεδιασθεί αυτόματο
μοντέλο παθοφυσιολογίας
που να περιγράφει τις
συσχετίσεις διαφορετικών
μετρήσεων, για τις οποίες
δεν ήταν προηγουμένως
εμφανής κάποια κοινή
κατηγοριοποίηση.

Στον τομέα της δημιουργίας
φαρμάκων, τα συστήματα TN
βοηθούν, λαμβάνοντας ένα ή
περισσότερα φάρμακα που
παρουσιάζουν συγκεκριμένη
δράση και με βάση την
περιγραφή της χημικής τους
δομής, εξάγουν συμπεράσματα
για το ποια χημικά
χαρακτηριστικά είναι
απαραίτητα για τη
συγκεκριμένη δράση, οπότε
είναι εύκολο για τους ειδικούς
να συνθέσουν μία νέα ένωση,
με τα επιθυμητά
χαρακτηριστικά, μειώνοντας
το χρόνο παρασκευής
ανάλογων φαρμάκων.

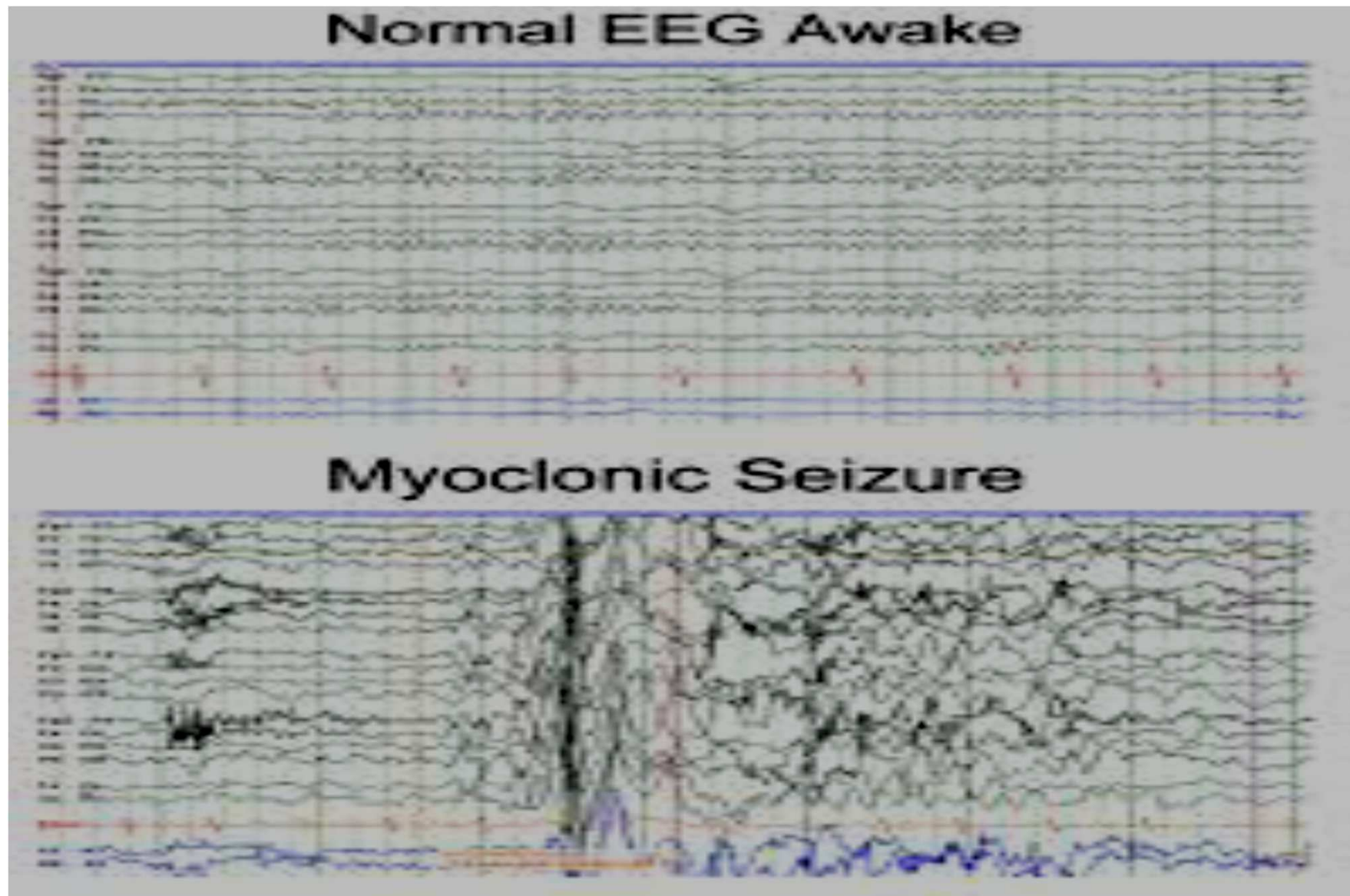
Αυτόματη διάγνωση επιληψίας με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφ ήματος (ΗΕΓ)

Η επιληψία, αποτελεί τη συχνότερη διαταραχή του ανθρώπινου νευρικού συστήματος, δυσκολεύει την καθημερινότητα των πασχόντων, τους φθείρει ψυχολογικά και η ευαισθησία του ΗΕΓ ρουτίνας, που διαρκεί 20'-30', στην ανίχνευση της είναι 25%-55%.

Για τη μελέτη των δεδομένων που προκύπτουν από τα ΗΕΓ χρησιμοποιούνται λογισμικά:

- **Weka** (Waikato environment for knowledge analysis),
- **Naive Bayes**,
- **K** κοντινότερων γειτόνων (**Nearest neighbor**),
- **δέντρα αποφάσεων** (Decision trees),
- **τυχαίο δάσος** (random forest),
- **πολυεπίπεδο** (multiplayer) **perceptron** και
- **Matlab** (Matrix laboratory).

Πάνω φυσιολογικό ΗΕΓ και κάτω επιληπτικό ΗΕΓ



Χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)

- Εμφανίζεται σε **330.000.000** ασθενείς παγκοσμίως, προκαλώντας περίπου **3.000.000** θανάτους.
- Πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία για την έγκαιρη πρόβλεψη και διάγνωση της.
- Η απλή στατιστική ανάλυση των περασμένων δεκαετιών δεν επαρκεί στην εποχή που όλα είναι μετρήσιμα με αυξανόμενη συσσώρευση δεδομένων (**big data**).

Σακχαρώδης διαβήτης και TN

- Χαρακτηρίζεται μάστιγα της σημερινής εποχής.
- Το ετήσιο οικονομικό κόστος του διαγνωσμένου διαβήτη στις ΗΠΑ ανέρχονταν το **2012** σε **\$245** δισεκατομμύρια, αυξημένο κατά 41% σε σχέση με το **2007** οπότε είχε φτάσει στα **\$175** δισεκατομμύρια.
- Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με τα αίτια που τον προκαλούν και η πρόβλεψη της πιθανότητας εμφάνισης του μπορεί να γίνει με **απλούς στατιστικούς αλγορίθμους** ή για να είναι ακριβέστερη **με χρήση μεθόδων TN**.

Ανίχνευση καρδιοπαθειών μέσω ηχητικών σημάτων καρδιακής λειτουργίας

- Πολλά συμπτώματα σχετιζόμενα με καρδιακές βλάβες (πόνος στο στήθος, πυρετός), καθώς και πολλά ευρήματα (φύσημα, κλαγγές, επιπρόσθετοι ήχοι) παρατηρούνται κατά τη διάρκεια εξετάσεων.
- Οι επιστήμονες, ασχολούνται με τη μελέτη των καρδιακών σημάτων, την επεξεργασία και την προσπάθεια αξιολόγησης τους, μέσα από πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας τομείς όπως η επεξεργασία σήματος, η επεξεργασία και αναγνώριση φωνής, η στατιστική μοντελοποίηση, προκειμένου να παράσχουν έναν ακριβή και πολυσχιδή υποστηρικτικό ρόλο στο ιατρικό έργο.

Ταξινόμηση καρκινικών όγκων εγκεφάλου με χρήση μεθόδων μηχανικής μάθησης

Η δημιουργία ενός **αυτόματου εργαλείου**, το οποίο βοηθά στην εκτίμηση των καρκινικών όγκων εγκεφάλου, καθορίζοντας το βαθμό κακοήθειας των γλοιωμάτων και διαχωρίζοντας τους διαφορετικούς τύπους καρκινικών ιστών (π.χ. πρωτεύοντες–δευτερεύοντες καρκινικοί όγκοι), μπορεί να εφαρμοσθεί για:

- την παροχή πιο αξιόπιστου διαχωρισμού, κυρίως όταν οι καρκινικοί ιστοί είναι ετερογενείς και επομένως δεν είναι εύκολο να παρθούν δείγματα μέσω βιοψίας με χρήση βελόνας.
- να αποφευχθούν χειρουργικές επεμβάσεις, ιδίως σε περιπτώσεις όπου τα κατὰ είναι περισσότερα από τα υπέρ.
- μία γρηγορότερη διάγνωση καθώς η εξαγωγή των ιστολογικών αποτελεσμάτων είναι μία χρονοβόρα διαδικασία.

Αστοχίες ιατρικού εξοπλισμού (υλικό -hardware ή λογισμικό-software)

- Η ανάγκη αντιμετώπισης αδυναμιών λογισμικού είναι επιτακτικότερη στις εμφυτευμένες συσκευές που χρησιμοποιούνται από εκατομμύρια ασθενείς, για τη θεραπεία χρόνιων καρδιακών παθήσεων, επιληψίας, διαβήτη, παχυσαρκίας, κατάθλιψης.
- Ένα πρόβλημα λογισμικού αντιμετωπίζεται δυσκολότερα από ένα πρόβλημα υλικού.
- Είναι δύσκολος ο εντοπισμός και η επιδιόρθωση σφαλμάτων με τόσες πολλές και περίπλοκες λειτουργίες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο όπως συνέβη για **212** από τους **450.000** ασθενείς, παγκοσμίως, την περίοδο **1997-2003** με εμφυτευμένες καρδιακές συσκευές.

Εφιστάται η προσοχή στη συχνή χρήση ακρωνυμίων και συντομογραφιών

Η συντομογραφία **RA** μπορεί να αναφέρεται σε:

- Right Atrium (δεξιά κοιλία),
- Refractory Anemia (ανθεκτική αναιμία),
- Renal Artery (νεφρική αρτηρία),
- Rheumatoid Arthritis (ρευματοειδής αρθρίτιδα).

Σας ευχαριστώ πάρα πολύ για την
προσοχή σας.